العلاقة بين الكثافة والقابلية المغناطيسية في الصخور الرسوبية والنارية في منطقة غريان شمال غرب ليبيا

د.محمد راشد امباشي و د.النوري المبروك رمضان
قسم الجيولوجيا – كلية العلوم – الزاوية

أ.نورالدين بشينة
قسم الفيزياء – كلية العلوم – الزاوية

جامعة الزاوية

ملخص:

تعتبر خاصيتي الكثافة والقابلية المغناطيسية من أهم الخواص الفيزيائية للصخور والتي يطلق عليها بالخواص البتروفيزيائية، حيث تم في هذا البحث دراسة العلاقة بين القابلية المغناطيسية والكثافة للصخور الرسوبية والنارية الظاهرة في منطقة غريان، حيث وجد أن هناك علاقة طردية قوية بينهما. تم إيجاد هذه العلاقة بحساب معامل الارتباط الإحصائي، حيث وجد

أن قيمة معامل الارتباط الصخور الرسوبية تتراوح من 0.60 إلى 0.79، أما معدل قيمة معامل الارتباط للصخور النارية فيتراوح من 0.81 في الفونولايت إلى 0.85 في البازلت. هذه النتائج تتطابق مع الثوابت النظرية والتي تنص على أن الصخور ذات الكثافة العالية مثل البازلت تحتوي عادة على نسبة كبيرة من المعادن الحديدية ذات كثافة عالية لها قابلية مغناطيسية عالية مثل الاوليفين Olivine والعكس صحيح الصخور ذات الكثافة المنخفضة مثل الحجر الرملي Sandstone تحتوي عادة على نسبة كبيرة من المعادن ذات كثافة منخفضة مثل الكوارتز Quartz التي لها قابلية مغناطيسية منخفضة.

مقدمة:

تقع منطقة الدراسة وبالتحديد في ما يسمى بقبة غريان في الشمال الغربي من ليبيا (شكل1)، حيث تغطي هذه المنطقة صخور مختلفة يمتد عمرها من الميزوزويك إلى الحديث كما هو موضح في (شكل 2)، حيث يوضح الطبقات الصخرية للتكوينات المختلفة[1]، ففي منطقة الدراسة يوجد حوالي ثمانية تكوينات جيولوجية منكشفة فوق سطح الأرض على النحو التالي:

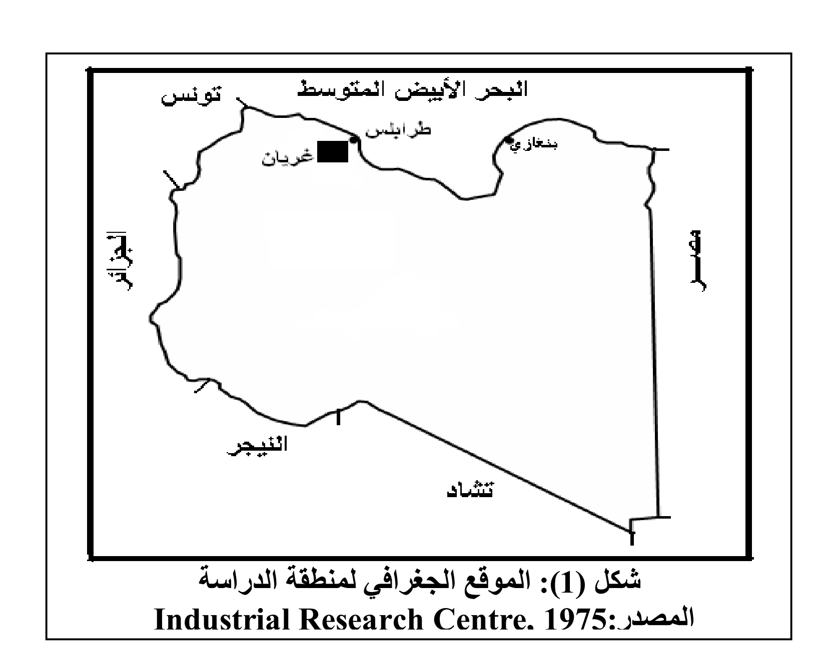
* تكوين كرش(kurrush) وهو الأقدم ويحتوي على حجر رملي ناعم الحبيبات ذات لون بني محمر مع تدخلات من الطين الأخضر والأصفر، وتتكون حبيبات الرمل بصفة رئيسية من معادن الموسكوفايت Muscovite والكوارتز Quartz وبعض الجلوكونايت Glauconite.

* تكوين العزيزية (Al Aziziyah) يتوضع فوق تكوين كرش بسطح انتقالي، ويتكون من تتابعات سميكة من الكربونات، والمتمثلة في الحجر الدلومايتي Dolomite والحجر الجيري الدلومايتي Dolomatic limestone . وتوجد أيضا في نطاق محدود عقد من الصوان Chert.

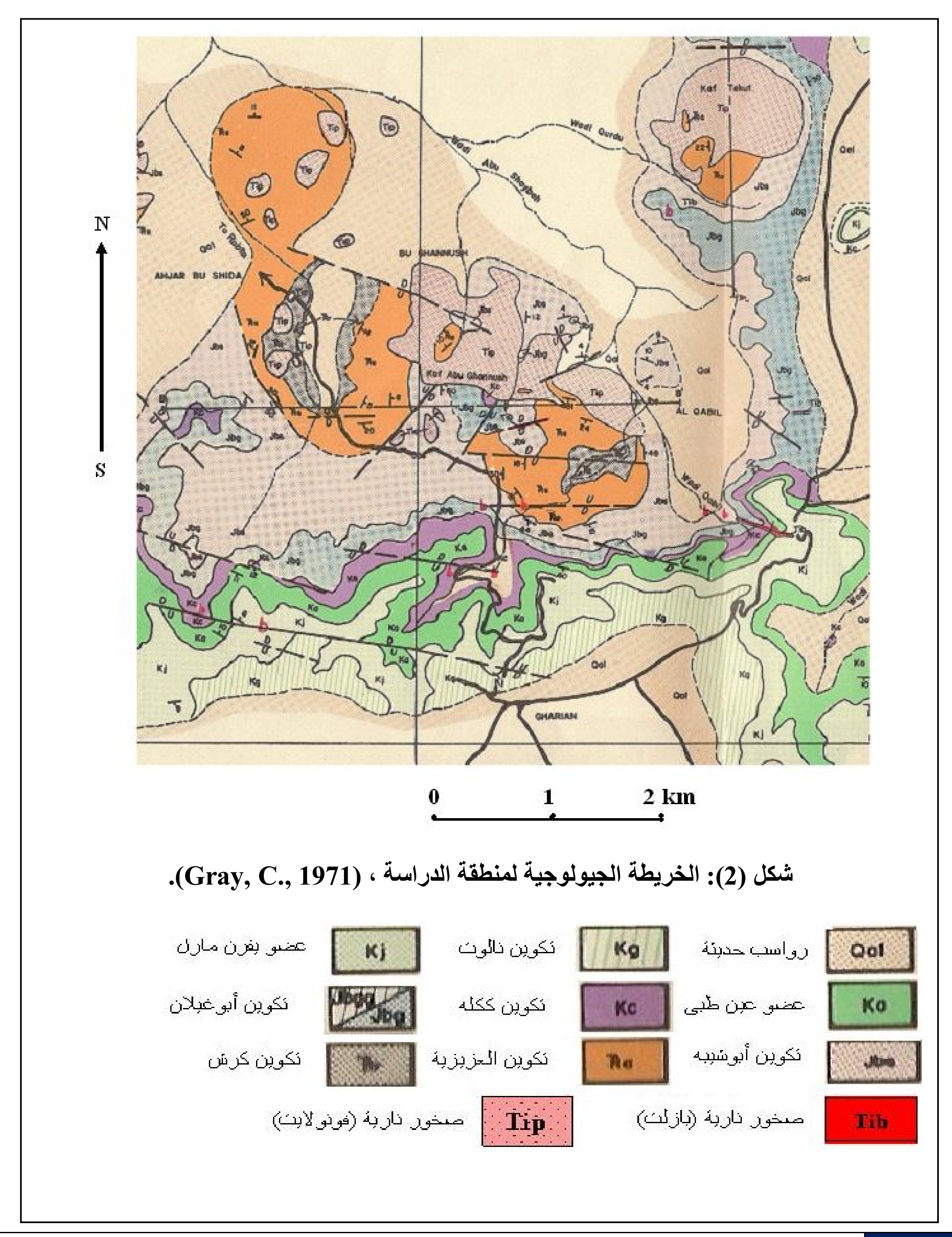
* تكوين ابوشيبة (Abu Shaybah) يأتي بعد تكون العزيزية ويفصل بينهما سطح عدم توافق. يتكون ابوشيبة أساسا من حجر رملي كوارتزي ناعم جيد الفرز فاتح اللون مع وجود طبقات من الطين الأحمر والأخضر. وتصل نسبة معدن الكوارتز إلى أكثر من 90% (2).

* تكوين أبوغيلان (Abu Ghaylan)، الذي يظهر بتركيبه الصخري في منطقة الدراسة بالحجر الجيري الطيني Marlذو اللون الرمادي الفاتح إلى اللون الأصفر الفاتح. ويتميز هذا التكوين بوجود التموجات والتهشمات الصخرية.

* تكوين ككله (Kiklah) فوق صخور أبوغيلان بسطح عدم توافق، حيث يظم تكوين ككله بشكل عام الحجر الرملي الكوارتزي Sandstone الخشن الغير جيد الفرز مع وجود الكنجلوميرات Conglomerate والتداخلات الطينية والجيرية.



شكل (1): الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة
المصدر: Industrial Research Centre. 1975



شكل (2): الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة ، (Gray, C., 1971).

* تكوين سيدي الصيد (Sidi as Sid)فوق تكوين ككله بسطح عدم توافق، وينقسم تكوين سيدي الصيد إلى عضوين. العضو السفلى عين طبي (Ayn Tobi) ويتكون أساسا من طبقات سميكة صلبة من الدلومايت والحجر الجيري الدلومايتي، أما العضو العلوي فيسمى بعضو يفرن (Yafrin) ويتكون أساسا من الحجر الجيري الطيني (المارل) مع تداخلات بسيطة من الجبس.

* تكوين نالوت (Nalut) فوق تكوين سيدي الصيد (عضو يفرن) بسطح انتقالي. ويتكون من حجر جيري دلومايتي ودلومايت ذو لون أصفر وأحيانا رمادي اللون.

* تكوين قصر تغرنة (Tigrinah) من احدث التكاوين التي تظهر في منطقة الدراسة ويتكون أساسا من الحجر الجيري الغني بالحفريات. ويفصل بين تكوين تغرنة وتكوين نالوت سطح انتقالي.

تنتشر في منطقة الدراسة بعض أنواع الصخور النارية البركانية، والمتمثلة في صخور البازلت Basalt والفونولايت Phonolite. تتميز صخور البازلت بوفرة معادن الاوليفين Olivine والكلينوبيروكسين Clinopyroxene والبلاجيوكليز Plagioclase. تتكون صخور الفونولايت من بلورات كبيرة الحجم من معدن الساندين Sanadine في أرضية دقيقة من النفيلين Nepheline.

الهدف من الدراسة:

يهدف هذا البحث لدراسة العلاقة بين الكثافة Density والقابلية المغناطيسية Magnetic Susceptibility للصخور الرسوبية والنارية في منطقة غريان بشمال غرب ليبيا، حيث تم تجميع مجموعة من العينات الصخرية البالغ عددها (320) عينة صخرية من منطقة

الدراسة من التكاوين السالفة الذكر بواقع 40 عينة لكل تكوين. أُجريت عملية قياس الكثافة و القابلية المغناطيسية في معامل قسم الجيولوجيا كلية العلوم الزاوية بجامعة الزاوية باستخدام جهاز (Magnetic Susceptibility Meter (MS 2. وكانت وحدة قياس الكثافة جم/سم^3 ووحدة قياس التأثيرية المغناطيسية في النظام العالمي SI.

لإيجاد نوعية العلاقة وقوتها بين الخاصيتين السالفة الذكر تم استعمال معامل الارتباط Correlation coefficient، وذلك حسب المعادلة الآتية:

$$r = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n S_x S_y}$$

حيث أن:

r – معامل الارتباط.

x_i – قيمة قياس متغير القابلية المغناطيسية.

y_i – قيمة قياس متغير الكثافة.

$\bar{x}$ – المتوسط الحسابي للقابلية المغناطيسية.

$\bar{y}$ – المتوسط الحسابي للكثافة.

n – مجموع القياسات.

i – سلسلة من الأرقام تبدأ من 1 ،2 ،....،إلى n.

S_x – الانحراف المعياري للقابلية المغناطيسية.

S_y – الانحراف المعياري للكثافة.

تتراوح قيمة معامل الارتباط من +1 إلى –1، وتكون العلاقة طردية (موجبة) قوية إذا كانت قيمته قريبة من +1 وعكسية سالبة إذا كانت قيمته قريبة من –1 وتضعف قوة العلاقة (الطردية أو العكسية) كلما اقتربت قيمة معامل الارتباط إلى الصفر(3).

القابلية المغناطيسية:

تعتبر خاصية القابلية المغناطيسية من أهم الخواص الفيزيائية المستعملة لدراسة طبقات صخور القشرة الأرضية وتعرف بقدرة المادة على التمغنط (المغنطة) تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي[4]. و يعبر عنها رياضيا بالمعادلة الآتية:

$$\chi = \frac{M}{H}$$

حيث أن:

χ- القابلية المغناطيسية (Magnetic Susceptibility)، وهي مقدار لا وحدات له.

M-شدة التمغنط (المغنطة) (Intensity of Magnetization)، ووحدتها أمبير/متر A/m.

H-شدة المجال المغناطيسي الخارجي (Intensity of Magnetic Field)، وحدتها أمبير/متر A/m.

تصنف جميع المواد بحسب القابلية المغناطيسية إلى ثلاثة مجموعات رئيسية وهي الدايامغناطيسية (Diamagnetic) والبارامغناطيسية (Paramagnetic) والفيرومغناطيسية (Ferromagnetic) [5].

من المواد الدايامغناطيسية مثل معادن الكوارتز والبلاجيوكليز والكالسايت والساندين والارثوكليز والذهب. ومن المواد البارامغناطيسية مثل معادن الموسكوفايت والدلومايت، بيروكسين والامفيبول. والمواد الفيرومغناطيسية مثل معادن المجنيتايت و الهيماتايت والالمينايت و السيدرايت[6].

القابلية المغناطيسية تتوقف أساسا على نوعية وكمية المعادن المغناطيسية مثل المجنيتايت والهيماتايت والالمينايت وكذلك تتوقف على نسبة المعادن التي تحتوي على الحديد مثل الأوليفين والبيروكسين والامفيبول، بالإضافة إلى حجم الحبيبات المكونة للمواد الفيرومغناطيسية[7،8،9].

الكثافة:

تعتبر الكثافة من الخواص البتروفيزيائية المهمة لدراسة الصخور، وبصفة عامة الكثافة هي عبارة عن نسبة وحدة الكتلة إلى وحدة الحجم ويعبر عنها رياضيا بالمعادلة الآتية:

$$\delta = \frac{m}{V}$$

حيث أن :

δ- الكثافة (جم/سم^3)

m - الكتلة (جم)

V - الحجم (سم^3)

ومن المعروف أنه كثافة الصخور تتوقف على كثافة المعادن المكونة لها. كثافة المعدن تتوقف على التركيب الكيميائي ونوعية البنية البلورية[10،11،12]. تتراوح كثافة المعادن المكونة للصخور النارية من 2.14جم/سم^3 إلى 3.40جم/سم^3، أما كثافة المعادن المكونة للصخور الرسوبية تتراوح من 1.20جم/سم^3 إلى 2.90جم/سم^3.

النتائج والمناقشة: Results and Discussion

تمت معالجة بيانات الكثافة و القابلية المغناطيسية بالحاسوب باستخدام برنامج إحصائي SPSS (الإصدار الثامن لسنة 1989)، حيث تم الحصول على جداول إحصائية وأشكال مختلفة توضح العلاقة بين الكثافة والقابلية لصخور منطقة الدراسة.

من خلال تحليل الجدول (1) المعاملات الإحصائية للقابلية المغناطيسية والكثافة للصخور نلاحظ أن أكبر قابلية مغناطيسية للصخور النارية، وبمتوسط $11812x10^{-5}$ لصخور البازلت وأكبر كثافة بمعدل 2.99جم/سم^3 وهذا يرجع إلى أن البازلت يحتوي على نسبة عالية

من المعادن الحديدية التي لها قابلية مغناطيسية وكثافة عاليتين ومن هذه المعادن الأوليفين ($(Mg,Fe)_2SiO_4$) والبيروكسين ($(Mg,Fe,Al,Ni)(Na,Ca)(Si_2O_6)$). القابلية المغناطيسية لصخور الفونولايت أقل من البازلت، حيث معدلها $563x10^{-5}$، وكذلك كثافة اقل تصل إلى 2.72جم/سم^3 وهذا يعكس التركيب المعدني للفونولايت الفقير جدا بالحديد، حيث أن تركيبه المعدني هو نسبة عالية من معدن الساندين ($K(AlSi_3O_8)$) وبعض البلاجيوكليز الصودي ($(Na,Ca)(Al,Si)_4O_8$)، وهذه المعادن منخفضة الكثافة والقابلية المغناطيسية.

أما القابلية المغناطيسية للصخور الرسوبية فهي منخفضة جدا ولها قيمة سالبة، ويقابل هذا الانخفاض في القابلية هبوط في الكثافة، وهذا يعكس أيضا التركيب المعدني للصخور الرسوبية، حيث أنها تحتوي على معادن منخفضة الكثافة والقابلية المغناطيسية، فالصخور الرملية تتكون أساسا من الكوارتز والصخور الكربونية تتكون بصفة عامة من الكالسايت والدلومايت.

الكثافة في الصخور الجيرية تزداد من صخور سيدي الصيد (2.33جم/سم^3) إلى صخور تكوين العزيزية (2.57جم/سم^3)، وتزداد القابلية من -8.99×10^{-5} في دلومايت تكوين سيدي الصيد إلى -2.27×10^{-5} في دلومايت تكوين العزيزية. وعلى الرغم من أن التركيب المعدني للتكوينين هو الدلومايت إلا انه هناك زيادة في قيمتي الكثافة والقابلية المغناطيسية لصخور الدلومايت في تكوين العزيزية، وهذا يرجع ربما إلى أن دلومايت تكوين العزيزية يحتوي على مواد عضوية والتي بدورها تكون بيئة مختزلة وكذلك القدرة على امتزاز ربما بعض الحديد الذي انعكس في زيادة قليلة قي الكثافة والقابلية المغناطيسية لهذه الصخور مقارنة بصخور الدلومايت في تكوين سيدي الصيد الخالية من المواد العضوية. ومن هنا نستنتج أن هناك علاقة

طردية (غير مباشرة) بين نسبة المواد العضوية والكثافة والقابلية المغناطيسية في الصخور الجيرية.

ونلاحظ أيضا في الصخور الرملية تزداد الكثافة من 1.59جم/سم^3 في صخور تكوين ابوشيبة إلى 1.74حم/سم^3 في صخور تكوين ككله ويقابلها زيادة في قيمة القابلية المغناطيسية، وهذا يرجع ربما إلى أن نسبة معدن الكوارتز في صخور تكوين ابوشيبة أعلى منها في صخور تكوين ككله ونسبة اكاسيد الحديد في صخور ككله أعلى منها في صخور ابوشيبة.

من خلال التحليل البسيط للجدول (2) نلاحظ أن هناك علاقة طرديه قوية بين القابلية المغناطيسية والكثافة في جميع أنواع الصخور، حيث تتراوح قيمة معامل الارتباط في الصخور الرسوبية من 0.61 إلى 0.79، أما في الصخور النارية قيمة معامل الارتباط تتراوح من 0.85 في الفونولايت إلى 0.85 في صخور البازلت.

أن وجود هذه العلاقة القوية الطردية بين الكثافة والقابلية المغناطيسية في كل أنواع الصخور يرجع إلى أن المعادن الحديدية العالية الكثافة مثل الاوليفين والمجنيتايت والهيماتايت والامفيبول لها قابلية مغناطيسية عالية، وأما المعادن المنخفضة الكثافة مثل الكوارتز والسنادين والكلسايت والدلومايت لها قابلية مغناطيسية منخفضة.

من خلال تحليل الأشكال (3،4،5،6،7،8،9،10،11) التي توضح العلاقة بين القابلية المغناطيسية والكثافة في مختلف أنواع صخور منطقة الدراسة نلاحظ انه هناك علاقة طردية قوية بين الخاصيتين لجميع أنواع الصخور.

نلاحظ من خلال مقارنة الشكل (6) مع الشكل (9)، حيث يمثل الأول علاقة القابلية مع الكثافة في الصخور الجيرية والثاني في الصخور الرملية أن الصخور الجيرية متجانسة أكثر نسبيا من الصخور الرملية، حيث أن في الشكل (6) نجد كل النقاط في نطاق واحد محدد ولا

يمكن الفصل بين أنواع الصخور الجيرية الثلاثة،ولهذا لا يمكن استعمال هذا العلاقة في تصنيف (تقسيم أو تمييز) الصخور الجيرية في منطقة الدراسة. أما في الشكل (9) نجد أن النقاط موجودة في ثلاث انطقه مختلفة. يرجع هذا ربما إلى طبيعة التركيب المعدني المختلفة للصخور الرسوبية، والتي سببها في اختلاف بيئات الترسيب. فالصخور الجيرية متجانسا نسبيا من حيث التركيب المعدني وتتكون أساسا من معادن الكالسايت والدلومايت التي تكونت في بيئة بحرية، أما الصخور الرملية فهي صخور فتاتية تكونت من تجوية صخور سابقة التكوين وتركيبها المعدني غير متجانس، وتتكون من الكوارتز والفيلدسبار والمايكا ومعادن طينية أخري، وهذا التنوع في التركيب المعدني يرجع ربما أيضا إلى أن بيئة ترسيب الصخور الفتاتية بيئة قارية، حيث أن في هذه البيئة تتفتت الصخور وتتحلل كيميائيا، أما في البيئة البحرية فيكون هناك ترسيب كيميائي فقط، ولذلك في العادة تكون مكونات التركيب المعدني لصخور البيئات البحرية متجانسة نسبيا اكبر من البيئات القارية والذي ينعكس على الخواص الفيزيائية للصخور والتي من ضمنها القابلية المغناطيسية والكثافة. ويمكن استعمال العلاقة بين الكثافة والقابلية المغناطيسية للصخور الرملية (شكل 9) في تصنيف (أو تقسيم تمييز) الصخور الرملية لمنطقة الدراسة.

يمكن أيضا استعمال الشكل (12) الذي يوضح العلاقة بين الكثافة والقابلية المغناطيسية للصخور النارية في تصنيف (أو تقسيم تمييز) الصخور النارية لمنطقة الدراسة.

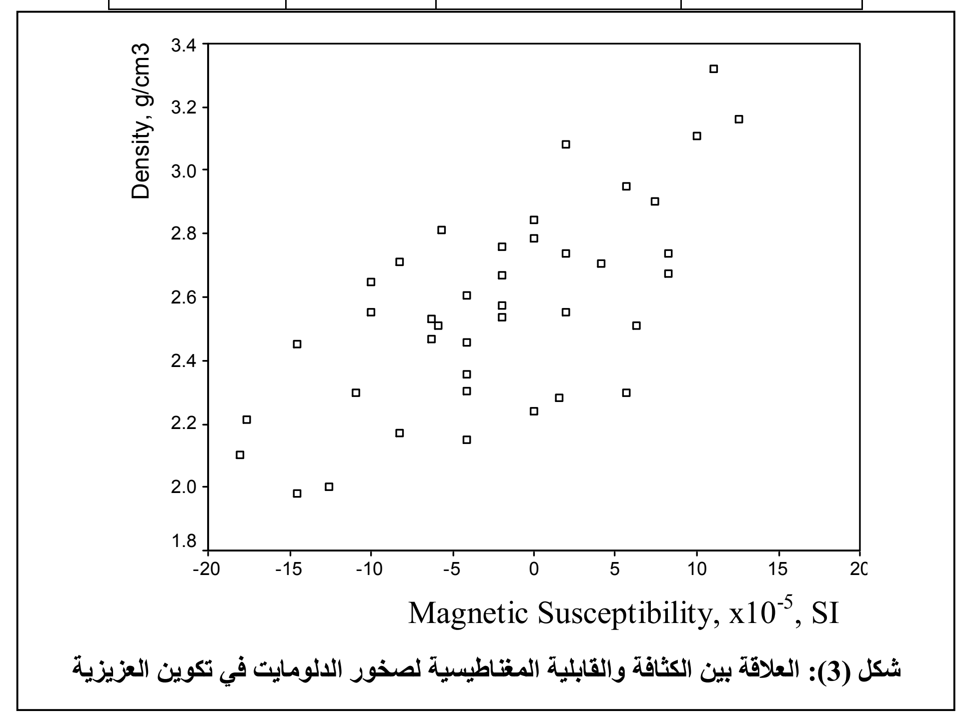
جدول (1) المعاملات الإحصائية للقابلية المغناطيسية والكثافة للصخور النارية والرسوبية في غريان.

اسم التكوين	نوع الصخر	الخاصية	عدد العينات	المتوسط ، (x10^{-5} ,SI)	الانحراف المعياري
العزيزية	دلومايت	القابلية المغناطيسية	40	−2.27	7.88
		الكثافة	40	2.57	0.32
أبوغيلان	مارل	القابلية المغناطيسية	40	−6.35	12.71
		الكثافة	40	2.47	0.23
سيدي الصيد	دلومايت	القابلية المغناطيسية	40	−8.99	12.23
		الكثافة	40	2.33	0.30
كرش	حجر رملي مايكئ	القابلية المغناطيسية	40	−31.71	76.41
		الكثافة	40	1.51	0.05
ابوشيبة	حجر رملي كوارتزي	القابلية المغناطيسية	40	−29.83	93.16
		الكثافة	40	1.59	0.09
ككله	حجر رملي كوارتزي	القابلية المغناطيسية	40	−2.79	55.85
		الكثافة	40	1.74	0.04
صخور نارية	الفونولايت	القابلية المغناطيسية	40	563.49	58.11
		الكثافة	40	2.72	0.13
صخور نارية	البازلت	القابلية المغناطيسية	40	11812.9	717.9
		الكثافة	40	2.99	0.52

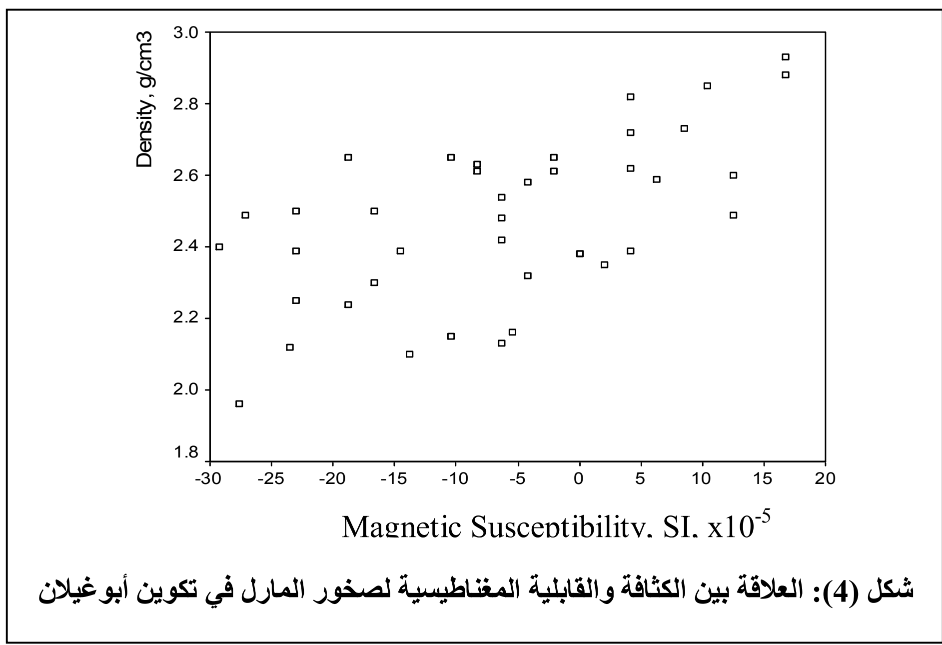
جدول (2)

معامل الارتباط ومعادلة الانحدار للقابلية المغناطيسية والكثافة للصخور النارية والرسوبية في غريان

اسم التكوين	نوع الصخر	عدد العينات	معامل الارتباط
العزيزية	دلومايت	40	0.69
أبوغيلان	مارل	40	0.60
سيدي الصيد	دلومايت	40	0.65
كرش	حجر رملي مايكئ	40	0.75
ابوشيبة	حجر رملي كوارتزي	40	0.61
ككله	حجر رملي كوارتزي	40	0.79
صخور نارية	الفونولايت	40	0.82
صخور نارية	البازلت	40	0.85



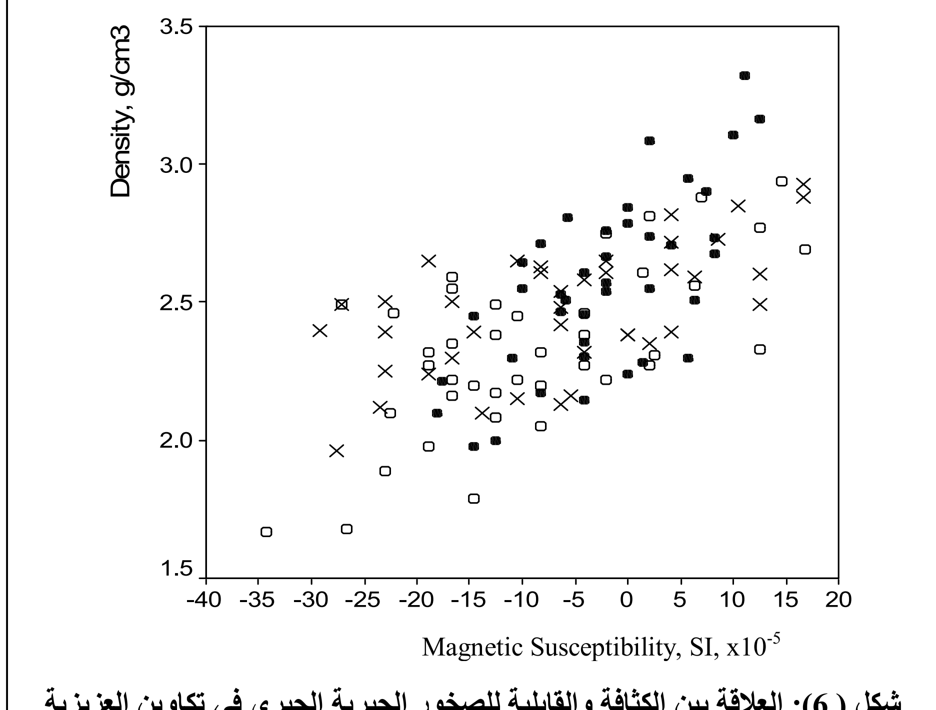
شكل (3): العلاقة بين الكثافة والقابلية المغناطيسية لصخور الدلومايت في تكوين العزيزية



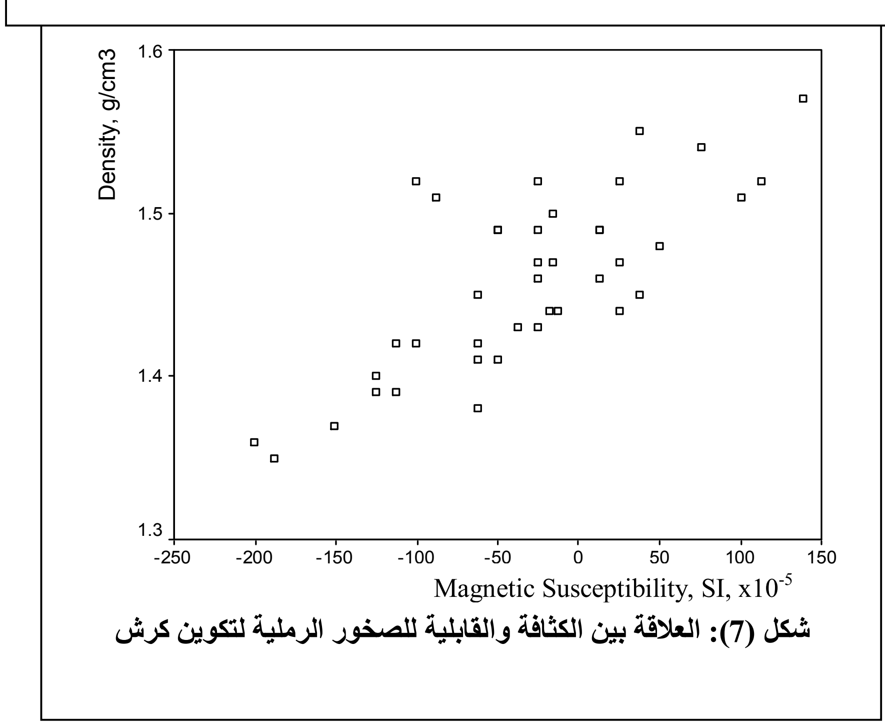
شكل (4): العلاقة بين الكثافة والقابلية المغناطيسية لصخور المارل في تكوين أبو غيلان

Density, g/cm3
3.0
2.8
2.6
2.4
2.2
2.0
1.8
1.6
-40 -35 -30 -25 -20 -15 -10 -5 0 5 10 15 20
Magnetic Susceptibility, SI, $x10^{-5}$

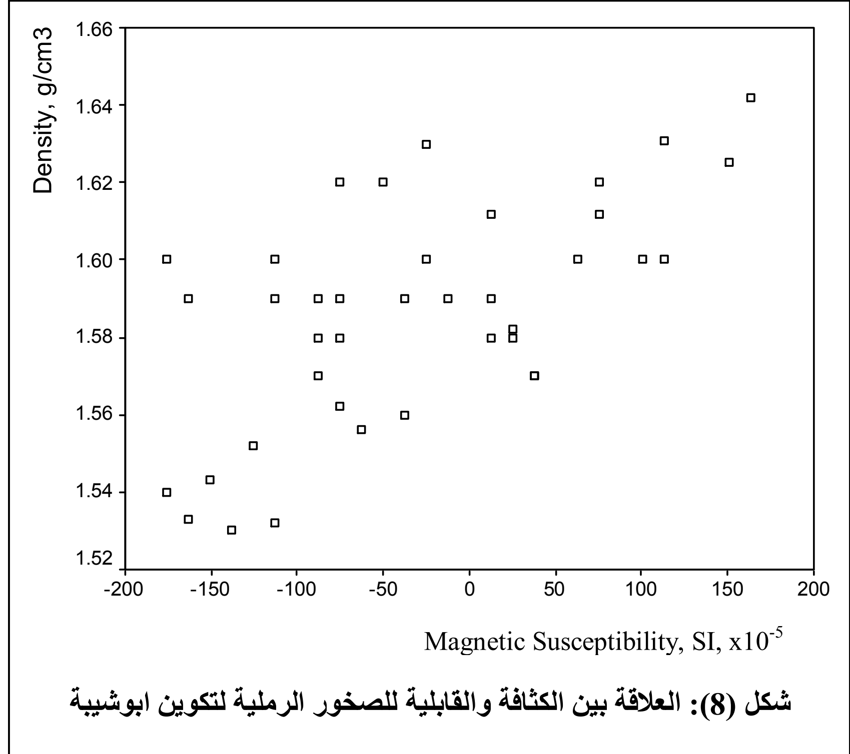
شكل (5): العلاقة بين الكثافة والقابلية المغناطيسية لصخور الحجر الجيري في تكوين سيدي الصيد



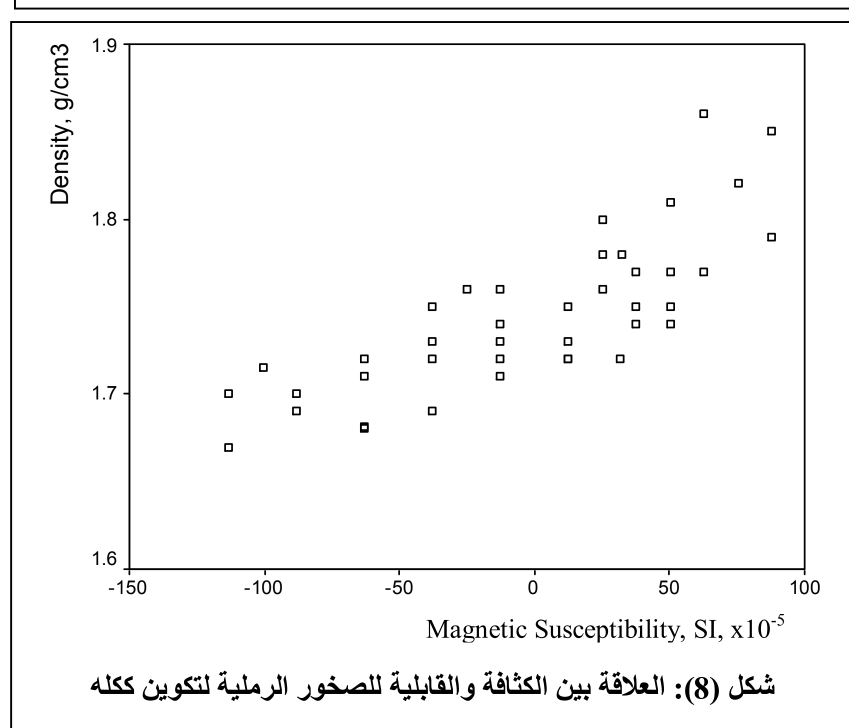
شكل (6): العلاقة بين الكثافة والقابلية للصخور الجيرية الجيري في تكاوين العزيزية (•) وتكوين أبوغيلان(×) وتكوين سيدي الصيد (o)



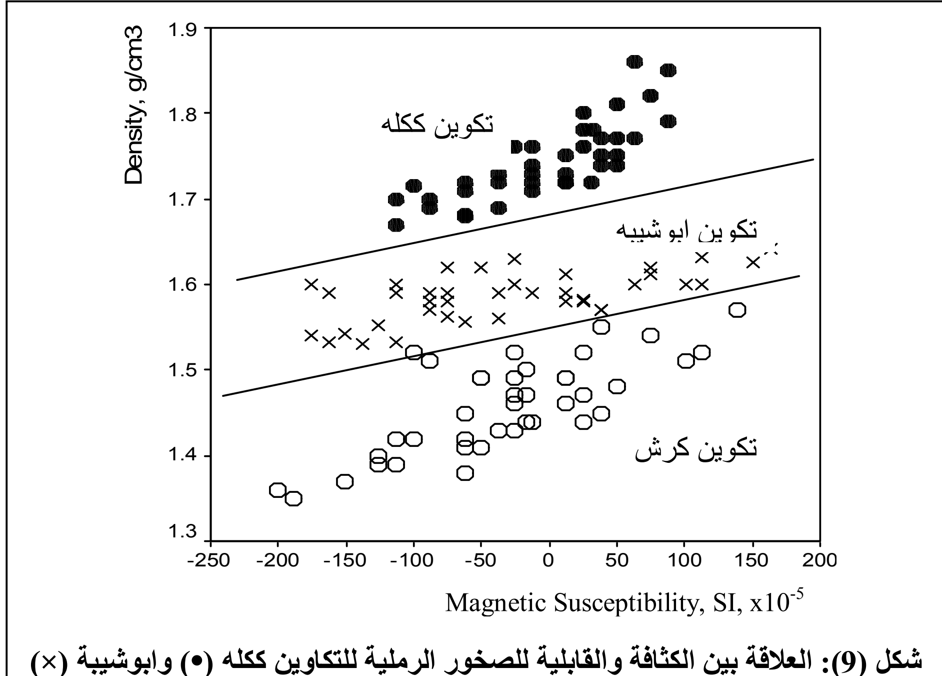
شكل (7): العلاقة بين الكثافة والقابلية للصخور الرملية لتكوين كرش



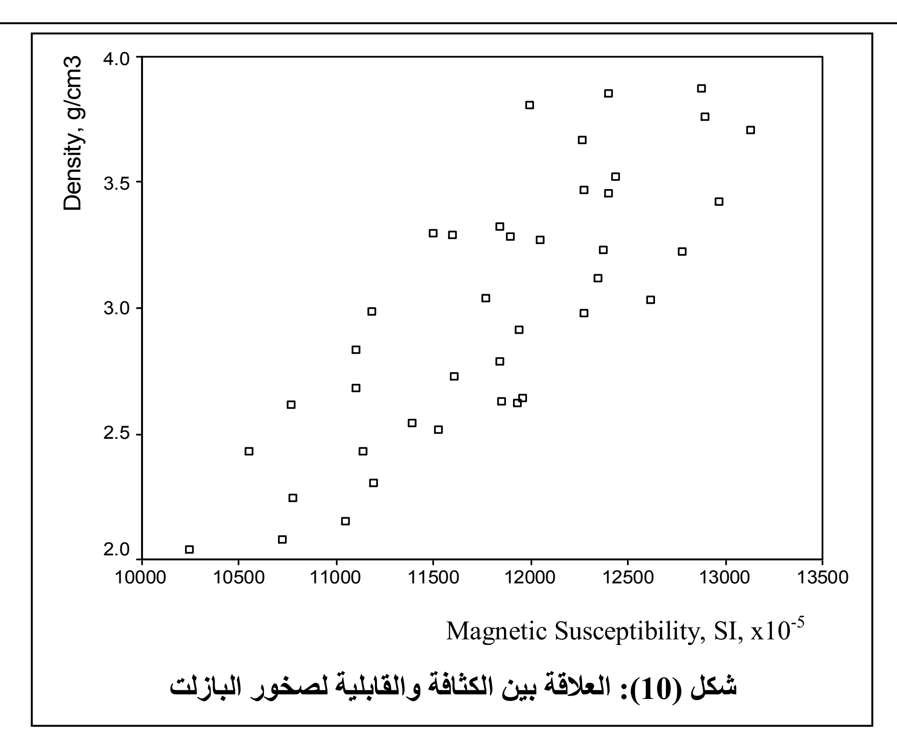
شكل (8): العلاقة بين الكثافة والقابلية للصخور الرملية لتكوين ابوشيبة



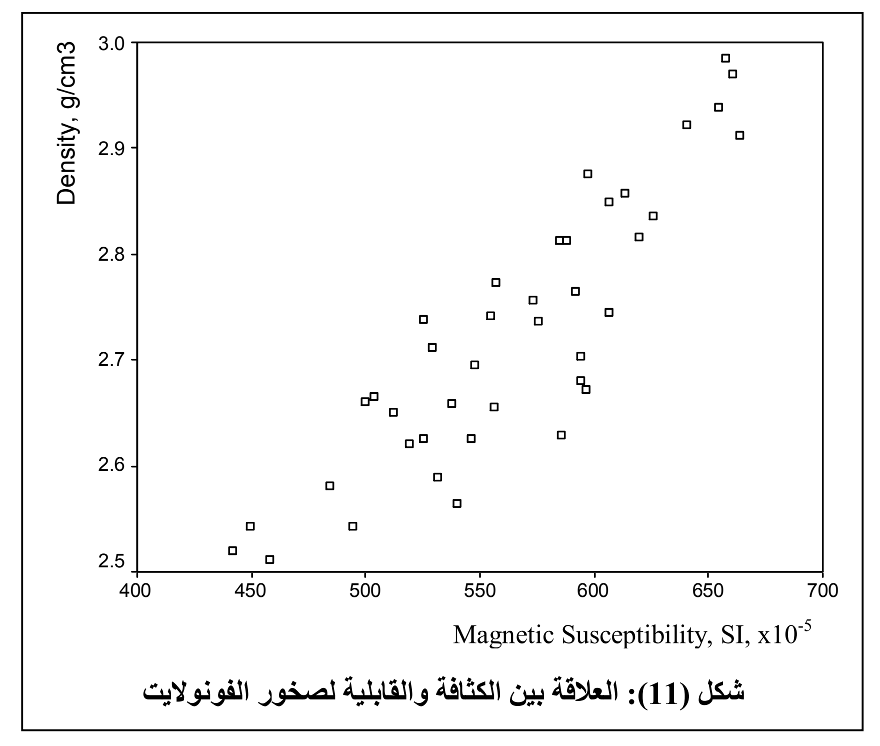
شكل (8): العلاقة بين الكثافة والقابلية للصخور الرملية لتكوين ككله



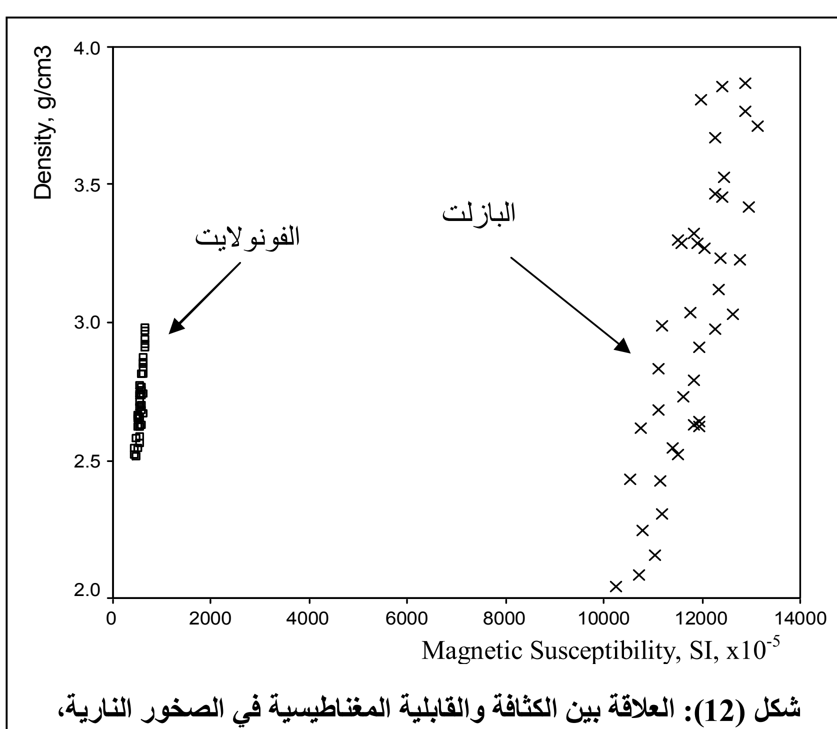
شكل (9): العلاقة بين الكثافة والقابلية للصخور الرملية للتكاوين ككله (•) وابوشيبة (×) وكرش (o)، ويوضح الحدود التي تفصل بين الصخور الرملية للتكاوين المختلفة



شكل (10): العلاقة بين الكثافة والقابلية لصخور البازلت



شكل (11): العلاقة بين الكثافة والقابلية لصخور الفونولايت



شكل (12): العلاقة بين الكثافة والقابلية المغناطيسية في الصخور النارية، البازلت (×)، الفونولايت (o).

الاستنتاجات:

1- تتوقف القابلية المغناطيسية على نسبة المعادن التي تحوي الحديد فالصخور النارية وخاصة البازلت لها قابلية مغناطيسية عالية مقارنة بالصخور الرسوبية.

2- تزداد كثافة الصخور كلما زادت نسبة المعادن الحديدية فالصخور النارية لها كثافة عالية مقارنة بالصخور الرسوبية.

3- علاقة طردية بين نسبة المواد العضوية والكثافة والقابلية المغناطيسية في الصخور الجيرية.

4- تقل قيمة كل من القابلية المغناطيسية والكثافة كلما زادت نسبة الكوارتز في الصخور.

5- تزداد قيمة القابلية المغناطيسية كلما زادت الكثافة في جميع أنواع الصخور.

6- توجد علاقة طرديه قوية بين القابلية المغناطيسية والكثافة في جميع أنواع الصخور.

7- يمكن استعمال العلاقة بين الكثافة والقابلية المغناطيسية في تصنيف الصخور الرملية والنارية لمنطقة الدراسة.

التوصيات المقترحة:

نوصي في الدراسات المستقبلية دراسة العلاقة بين الكثافة والقابلية المغناطيسية ونسبة المواد العضوية في الصخور الرسوبية وكذلك العلاقة بين الخواص البتروفيزيايئة المختلفة والتركيب المعدني والكيميائي للصخور.

Refernces:

1-Gray, C., Structure and origin of the Gharyan domes, In: Gray, C. (ed), Symposium on the geology of Libya, University of Libya, Tripoli, p 307-319, 1971.

2-Explanatory booklet for the Geological map of Libya, Sheet: Tripoli, Industrial Research Centre, Tripoli, 1975.

3- Davis J.C. Statistics and data analysis in Geology, Third Edition, Wiley & Sons , Inc, 2002.

4-Campbell, W.H, Introduction to Geomagnetic Fields, Cambridge, Cambridge University Press, 2003.

5-Dunlop, D. J. and Özdemir, Ö., Rock Magnetism: Fundamentals and Frontiers, Cambridge, Cambridge University Press, 1997.

6-Bleil, V. and Petersen, N., Magnetic properties of natural minerals; Paramagnetism. In: Landolt-Boernstein, Numerical data and functional relationships in science and technology, Group V, vol. 1, subvol. b, 312-320. Springer Verlag Berlin, 1982.

7-Carmichael, R. S., Magnetic properties of minerals and rocks: CRC Handbook of Physical Properties of Rocks, Vol. 2, 1982.

8- Sharma P.V., Geophysical Methods in Geology. Second Edition. Elsevier Science Publishing Co, In. 1986.

9-Dortman, N.B., Physical properties of rocks and mineral deposits (in Russian). Nedra, Moscow, 1984.

10-Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E. and Keys, D. A., Applied Geophysics. Cambridge University Press, Cambridge, 1976.

11-Opdyke, N. D. and Channell, J. E. T., Magnetic Stratigraphy, San Diego, CA: Academic Press, 1996.

12- Lowrie, W., Fundamentals of Geophysics, Second Edition, Cambridge, Cambridge University Press, 2007.